

TFT-LCD TN曲面显示器色不均现象的研究

辛兰, 杨军, 李哲, 栗鹏, 陈东川, 李晓吉, 胡竞勇, 朱维, 龚鹏程, 朴正溟, 闵泰烨

引用本文:

辛兰, 杨军, 李哲, 等. TFT-LCD TN曲面显示器色不均现象的研究[J]. 液晶与显示, 2020, 35(2): 128-135.

XIN Lan, YANG Jun, LI Zhe, et al. Prevention of uneven color for TFT-LCD TN curve panel[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(2): 128-135.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203502.0128>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

平板电脑类产品暗态均匀性影响因素的研究与改善

Analysis and improvement research of black uniformity for tablet personal computer production

液晶与显示. 2019, 34(11): 1067-1072 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193411.1067>

大尺寸薄膜晶体管液晶显示器的一种条状显示不均的分析和改善研究

Analysis and improvement of a larger size TFT-LCD block mura

液晶与显示. 2016, 31(11): 1033-1037 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20163111.1033>

配向膜对LCD对比度的影响

Effect of alignment film on LCD contrast ratio

液晶与显示. 2015, 30(1): 47-50 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20153001.0047>

PCI结构TFT-LCD产品竖Mura不良机理分析及改善研究

Research and improvement of vertical Mura on TFT-LCD with double notched PCI structure

液晶与显示. 2018, 33(5): 397-404 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20183305.0397>

快速响应的共面转换型液晶显示器

Fast-response in-plane switching liquid crystal display

液晶与显示. 2017, 32(9): 685-691 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20173209.0685>

文章编号:1007-2780(2020)02-0128-08

TFT-LCD TN 曲面显示器色不均现象的研究

辛 兰*, 杨 军, 李 哲, 栗 鹏, 陈东川,
李晓吉, 胡竞勇, 朱 维, 龚鹏程, 朴正湔, 闵泰烨
(重庆京东方光电科技有限公司, 重庆 400700)

摘要:薄膜晶体管液晶显示器(TFT-LCD)扭曲向列型(TN)液晶曲面显示器搭配宽视角偏光片暗态时会发生色不均现象,推测色不均现象的发生机理为:曲面状态时,玻璃基板受应力发生形变,面板中应力不均,加之液晶双折射,暗态时上视角观察显示屏上下两侧边缘发蓝。本文模拟了不同改善措施对色不均现象的影响,同时对有改善的模拟结果进行了实验测试。测试结果表明,可以通过两种方式改善色不均现象:第一种是增加暗态亮度,掩盖暗态时色不均现象,如调整电路、偏光片吸收轴角度等。实验结果表明调整电路使显示器暗态亮度从 0.18 cd/m^2 提升至 0.25 cd/m^2 ,色不均面积由显示器面积的 30% 减小至 10%,吸收轴角度从 135° 调整至 134.5° ,色不均面积减小至 10%,但电路调整使显示器响应时间增加 2.5 倍,吸收轴角度调整 0.5° 会使对比度下降 20%,对产品性能均有不利影响;第二种是改善曲面状态下显示屏内部应力均一性,如增加液晶盒盒厚、高温老化、降低显示器玻璃基板厚度等。实验结果表明:降低玻璃厚度至 0.2 mm 以及高温 60°C 老化 72 h 均能使色不均现象消失,且对产品性能无不利影响。

关键词: TN 曲面液晶显示器;宽视角补偿膜;色不均;

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20203502.0128

Prevention of uneven color for TFT-LCD TN curve panel

XIN Lan*, YANG Jun, LI Zhe, LI Peng, CHEN Dong-chuan, LI Xiao-ji, HU Jing-yong,
ZHU Wei, GONG Peng-cheng, PIAO Zheng-hao, MIN Tai-ye

(Chongqing BOE Optoelectronics Technology Co., Ltd., Chongqing 400700, China)

Abstract: Uneven phenomenon will appear when TFT-LCD (Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display) TN curve panel used with WV (Wide View) polarizer. In the curve state, the mechanism of uneven color is speculated that there is non-uniform stress inside the panel when it is forced bending. 812.8 mm (32 in) TN curve panel is used as an example to discuss and research the uneven color phenomenon. For the problem of uneven phenomenon, the paper proposes two effective methods to improve uneven color phenomenon: First, increasing dark state brightness, the uneven color phenomenon is covered. The experimental results show that the adjustment circuit makes the display dark state brightness increase from 0.18 cd/m^2 to 0.25 cd/m^2 , and the color uneven area is reduced from 30% to 10%. But the circuit adjustment makes the display response time increase to 2.5 times. The angle of the absorption axis is adjusted from 135° to 134.5° , and the area of color unevenness is reduced to 10%, and the adjustment of the absorption axis angle of 0.5° will reduce the contrast by 20%, which

收稿日期:2019-06-16;修订日期:2019-08-09.

* 通信联系人, E-mail: xinlan@boe.com.cn

is detrimental to product performance influences. Homogenizing the stress in the TN curve panel is the second method, this paper improves the color unevenness by experiments such as increasing the cell gap of the panel, high temperature aging, and reducing the thickness of the glass substrate of the panel. The experimental results show that reducing the thickness of the glass to 0.2 mm and aging at high temperature for 72 h can make the color unevenness disappear without adversely affecting the product performance.

Key words: twisted nematic; WV polarizer; uneven color

1 引 言

TFT 液晶显示器因其重量轻、体积小、功耗低以及其优异显示效果,近十几年得到飞速发展,广泛应用于电视、电脑、手机等电子产品上。

随着电竞行业的兴起,人们对游戏中显示器的性能需求逐渐提高,要求显示器拥有高分辨、快响应、大视角、高色域等高性能^[1-2]。TN(Twisted Nematic)型液晶面板由于其优秀的响应速度,在游戏本显示器应用上仍占有重要地位。为增加游戏者更直观的视觉体验,近两年推出了 812.8 mm (32 in)等大尺寸曲面显示器。

传统 TN 液晶显示器大视角时存在暗态漏光、窄视角等缺点。针对 TFT-LCD TN 显示器暗态漏光问题,经过多年努力,众多科研工作者取得了不错成绩^[3-5]。改善暗态漏光、增大视角主要有两种方式:一种是开发新的液晶排列方式,以抵消或者降低液晶双折射效应,如多筹显示^[6];另一种是盒外光学补偿法,在不改变现有液晶盒结构的前提下采用光学补偿膜来消除液晶双折射^[7-8]。

受 TN 液晶面板视角小的特性限制,目前制作 TN 显示器多搭配宽视角补偿膜,使用范围最广的为富士公司生产的广视角(WV)偏光片,在不改变显示器显示效果的基础上,使 TN 型显示器拥有左右视角 150°,上下视角 170°。目前市面上的曲面显示器主要为 TN 型液晶显示器或 VA (Vertical Alignment)显示器,且大部分搭配使用 WV 偏光片^[9-11]。

本文中所研究的 812.8 mm (32 in)曲面 TN 显示器采用的是 WV 偏光片补偿视角,TN 型液晶显示器搭配 WV 偏光片在平面状态时与常规边缘电场(FFS)显示器大视角无异,在曲面状态暗态下上视角能够明显观察到显示器左下与右上角存在色不均现象,给游戏体验者造成极不愉快

的视觉感受。

近年 TFT-LCD 关于曲面 TN 显示器暗态下色偏的分析、改善尚未有详细和系统的文章,本文从多方面对 TFT-LCD TN 显示器搭配 WV 偏光片暗态色不均现象进行了研究。

2 实验与分析

2.1 实验设备

TN 色不均现象分析改善实验所用设备和材料为 LCD 常规线体(阵列、彩膜、成盒工艺设备),液晶材料、偏光片,高温腔室、曲面支架(Jig)等。

2.2 实验与分析

图 1(a)为上视角色不均现象,图 1(b)为正视角色不均现象。正视角时显示器左下明显发蓝,上视角观测显示器左下角与右上角均有明显发蓝现象。为改善曲面状态时 TN COA(Color Filter on Array)显示器暗态下色不均现象,本文从多方面进行实验分析。

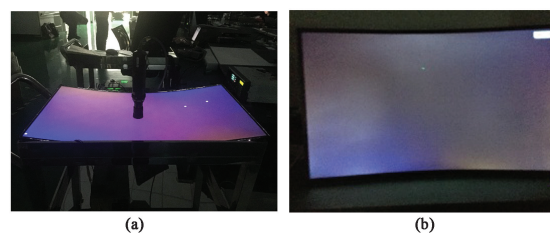


图 1 TN 显示器上视角(a)与正视角(b)色不均现象
Fig.1 Uneven color pictures of up (a) and position (b) angle

2.3 TN 色不均发生机理

TN 型液晶显示器与 WV 偏光片搭配使用产生的色不均现象发生机理,推测为 TN 显示器曲面状态时,显示屏在外框作用下发生弯曲,外部机械应力作用于显示屏上,引起玻璃内部的应力分布不均所致。它属于暂时应力,会随外力的撤除

而消失^[11],本文中研究的曲面显示器主要是通过前框搭配曲面背板达到显示器曲面状态,无法实现撤消外力,只能采用其他方式消除应力或使应力在显示屏中均一化。

3 实验结果与讨论

本文以 812.8 mm(32 in)曲面 TN 显示器为例,进行色不均改善测试,并分析玻璃厚度、偏光片补偿膜吸收轴角度、盒厚等对 TN 曲面显示器色不均现象的影响。

3.1 暗态亮度对色不均的影响

将 812.8 cm(32 in)曲面显示器暗态亮度由 0.188 cd/m^2 (L0) 调整到 0.253 cd/m^2 (L12),如图 3 所示,色不均面积由显示器面积的 30% 减小至 10%,对比度由 1 100 下降至 800,响应时间由 6 ms 上升至 16 ms。调节暗态亮度可以使色不均面积减少 70%,但同时会造成对比度、响应时间等性能下降。

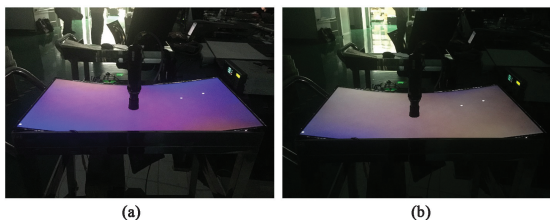


图 2 暗态亮度调整前(a)与调整后(b)色不均
Fig.2 Color unevenness before (a) and after (b) dark brightness adjustment

3.2 高温老化对色不均的影响

在高温腔室中将 812.8 mm(32 in) COA 显示屏固定在曲面支架上,如图 3 所示,曲率半径调整到 1 800 mm,60 °C 老化 24~72 h,观察不同老化时间对色不均的影响情况。

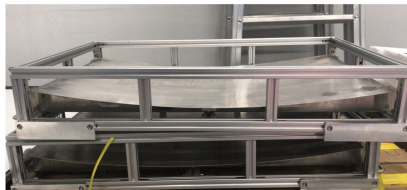


图 3 高温老化装置示意图
Fig.3 Schematic diagram of high temperature aging device

不同老化时间对色不均的影响如图 4 所示,随老化时间延长,色不均现象程度变轻,改善效果为:72 h $\approx$ 48 h>36 h>24 h。

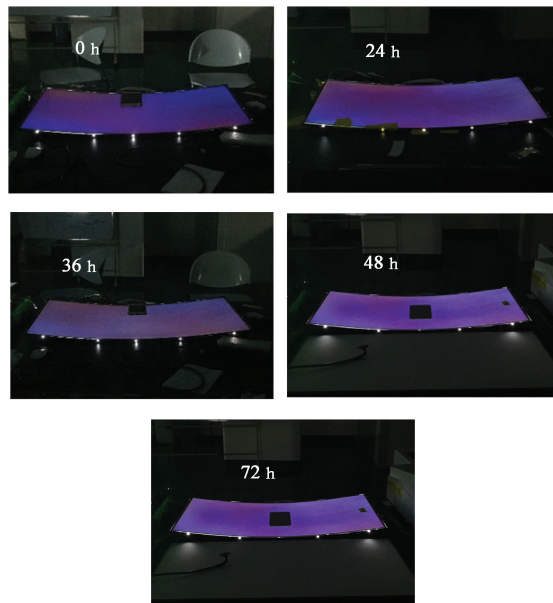


图 4 不同老化时间对色不均影响
Fig. 4 Effect of different aging time to the uneven color

显示屏曲面状态下内部应力不均一可以通过高温老化的方式进行改善,改善效果随老化时间增加明显,72 h 高温老化后显示器色不均现象消失。

3.3 WV 偏光片对色不均影响

3.3.1 偏光片补偿层膜厚对色不均影响

模拟不同厚度补偿层对显示屏色不均影响,如图 5 所示,补偿层厚度由 $1.786 \mu\text{m}$ 增加到 $2.186 \mu\text{m}$ 时,左右颜色趋于发蓝,色不均加重,视角由 75° 增加到 85° ;补偿层厚度由 $1.786 \mu\text{m}$ 降低到 $1.386 \mu\text{m}$,左右颜色趋于一致发粉,色不均现象减轻,视角由 75° 降低到 63° ;模拟结果显示降低补偿层膜厚能减轻色不均现象,但对视角有不利影响。

同时模拟了补偿层膜厚降低对对比度的影响,如图 6 所示,补偿膜厚度下降 5%,上 80° 视角时对比度将会下降 20%,左右视角 80° 时对比度下降 40%,降低补偿层膜厚对对比度也有不利影响。

3.3.2 偏光片补偿层预倾角和扭曲角对色不均影响

模拟 WV 偏光片补偿层预倾角和扭曲角对

色不均影响,模拟结果如图 7、8 所示,WV 偏光片补偿层预倾角、扭曲角变化对色不均无明显影响。

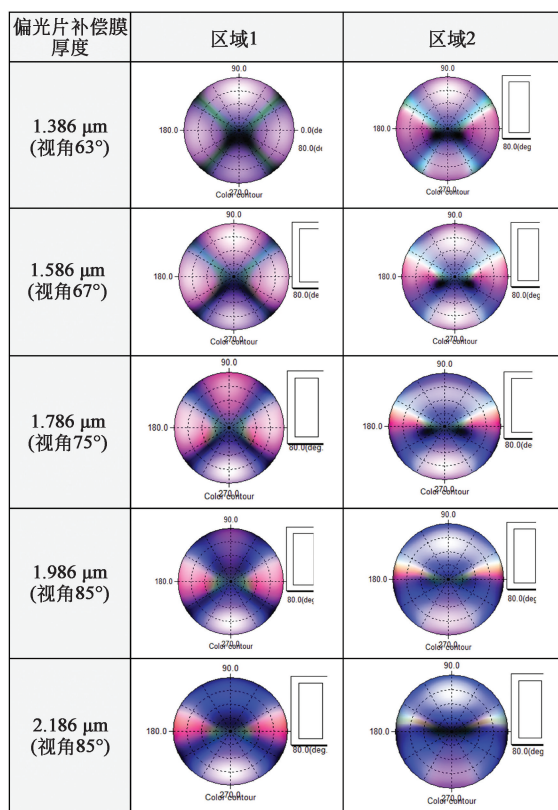


图 5 WV 偏光片补偿层不同厚度对色不均影响
Fig.5 Influence of compensation layer thickness on uneven color

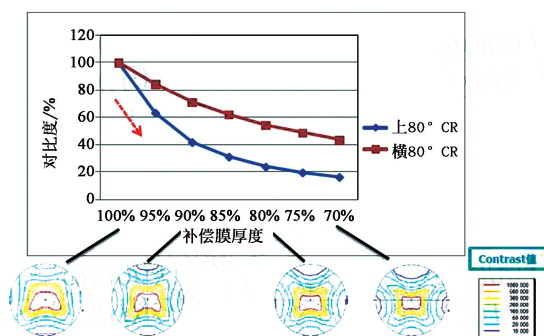


图 6 补偿膜厚度对对比度的影响
Fig.6 Effect of DLC thickness on CR

3.3.3 偏光片吸收轴角度对色不均影响

调整 WV 偏光片吸收轴角度 134° , 134.3° , 134.5° , 对比吸收轴 135° , 测试色不均现象以及基础的光学数据。实验结果如图 9 所示, 光学数据如表 1 所示, WV 偏光片吸收轴角度 134° 时, 无色不均现象, 对比度 507; 吸收轴角度 134.3° 时, 显

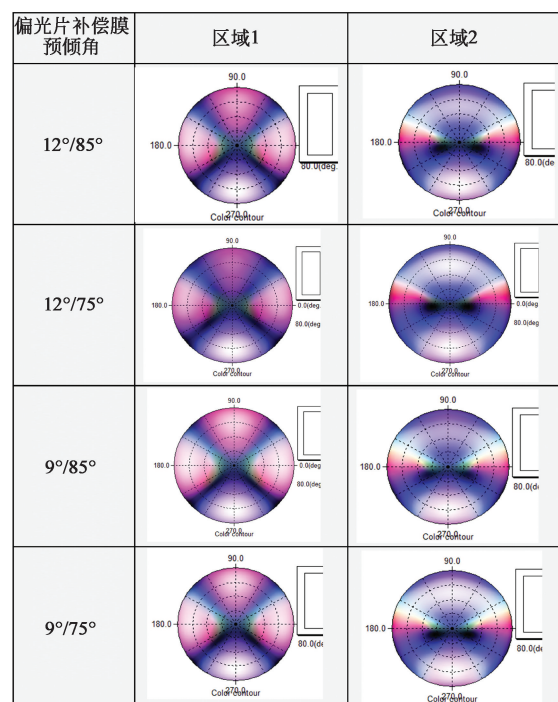


图 7 WV 偏光片预倾角对色不均影响
Fig.7 Influence of WV polarizer pretilt angle effect on uneven color

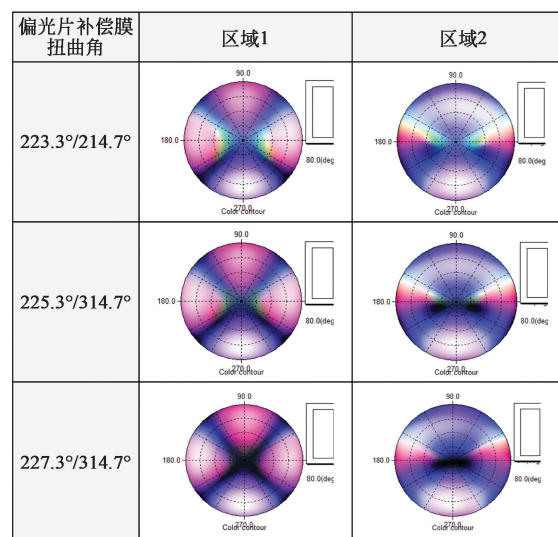


图 8 WV 偏光片扭曲角对色不均影响
Fig.8 Influence of WV polarizer twist angle effect on uneven color

示器色不均面积为显示的 5%, 对比度 608; 吸收轴角度 134.5° 时, 显示器色不均面积减少至显示器的 10%, 对比度可达到 977; 吸收轴角度 135° 时, 色不均现象明显。

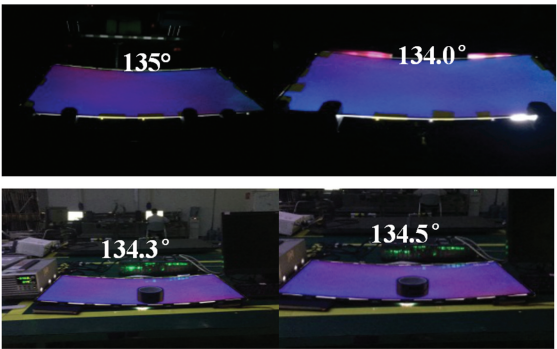


图 9 不同吸收轴角度对色不均影响
Fig.9 Different optical axis angle effect on uneven color

从实验结果可以看出,随着 WV 偏光片吸收轴角度降低,色不均现象逐渐减轻,对比度下降明显,其余光学数据无明显变化,综合显示效果及产品性能,在实际应用中可选取 WV 偏光片吸收轴角度为 134.5°,既可以改善色不均现象,同时又能保证光学性能无明显变化。

3.4 玻璃基板厚度对色不均的影响

色不均发生原理推测为 TN 显示器曲面状态下玻璃弯曲后机械应力分布不均导致,本实验模拟了不同玻璃基板厚度对色不均的影响,模拟结果如图 10 示,随玻璃基板厚度降低,色不均现象

表 1 不同吸收轴角度光学数据
Tab.1 Optical data of different axis angle

Test Item		Production Spec	WV 偏光片	VA 偏光片	吸收轴 134°	吸收轴 134.3°	吸收轴 134.5°	吸收轴 135°
Chromaticity	R_x	0.674 ± 0.03	0.669	0.6669	0.6646	0.6726	0.6736	0.6679
	R_y	0.311 ± 0.03	0.3113	0.3112	0.3117	0.3109	0.311	0.3117
	G_x	0.268 ± 0.03	0.2649	0.2641	0.2626	0.2682	0.2682	0.2368
	G_y	0.660 ± 0.03	0.6604	0.6601	0.6615	0.6538	0.6547	0.6622
	B_x	0.154 ± 0.03	0.154	0.1543	0.1546	0.1533	0.1531	0.1542
	B_y	0.070 ± 0.03	0.0689	0.0705	0.0665	0.0683	0.0655	0.0643
	W_x	0.315 ± 0.03	0.2965	0.2863	0.2949	0.3209	0.3235	0.2953
	W_y	0.339 ± 0.03	0.335	0.3366	0.3379	0.3349	0.3333	0.3358
	CIE1931(%)	—	87.80%	87.20%	87.50%	87.30%	88.00%	88.50%
色温		—	7352	7930	7403	6046	5923	7410
L2SS	Center	—	358	353	361	338.5	327.4	358
L0	Center	—	0.308	0.372	0.711	0.557	0.335	0.291
CR	Center	500 Min/ 800 Typ	1162	951	507	608	977	1229
Viewing angle	Right	85	85	85	85	85	85	85
	Left	85	85	85	85	85	85	85
	Down	35	55	45	85	80	80	80
	Up	55	85	35	75	70	65	85
		2.0 Min.						
Gamma		2.2 Typ.	—	2.22	2.13	2.13	2.06	2.14
		2.4 Max.						
Tr.	Center	4.95%	5.54%	5.52%	5.64%	5.64%	5.71%	5.59%
色不均情况		—	严重	无	无	轻微	轻微	严重

减轻,玻璃厚度到 0.3 mm 时,色不均现象明显改善,在 0.2 mm 时色不均现象消失。同时实验实际测试了不同玻璃基板厚度 0.25 mm、0.2 mm 的色不均情况,如图 11 所示,玻璃基板厚度 0.25 mm 时色不均现象基本消失,玻璃基板为 0.2 mm 时已无色不均现象。

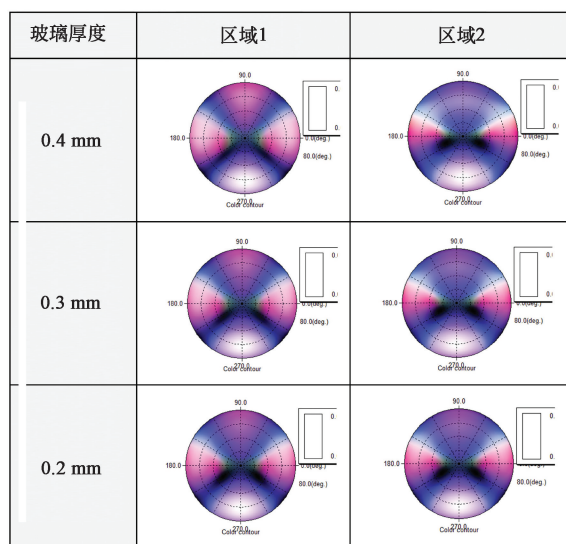


图 10 玻璃基板减薄后色不均模拟

Fig.10 Simulation of color unevenness after thinning glass substrate

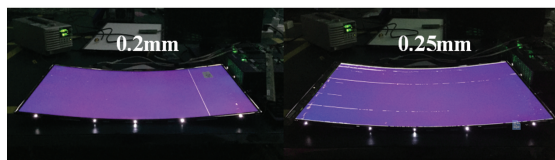


图 11 玻璃基板减薄后色不均现象

Fig.11 Uneven color phenomenon after thinning glass substrate

从实验结果来看,减薄玻璃基板厚度能明显改善显示屏内部应力均一性,玻璃基板厚度降低到 0.25 mm 时色不均现象基本消失,玻璃基板厚度 0.2 mm 时已无色不均现象。

3.5 液晶盒对色不均的影响

模拟了不同液晶盒厚、预倾角对色不均的影响,模拟结果如图 12 所示,液晶盒厚增加有利改善上视角色偏,但会加剧左右视角色偏;液晶盒不同预倾角对色不均现象无明显影响。根据模拟结果,本文测试了不同盒厚下的色不均情况,实验结果如图 13 所示,液晶盒厚由 3.5 μm 增加到 3.6 μm 、3.7 μm 时,色不均现象有轻

微改善,色不均不良面积由显示器面积的 30% 减少至 20%。改变显示屏液晶盒厚度,色不均现象无明显改善。

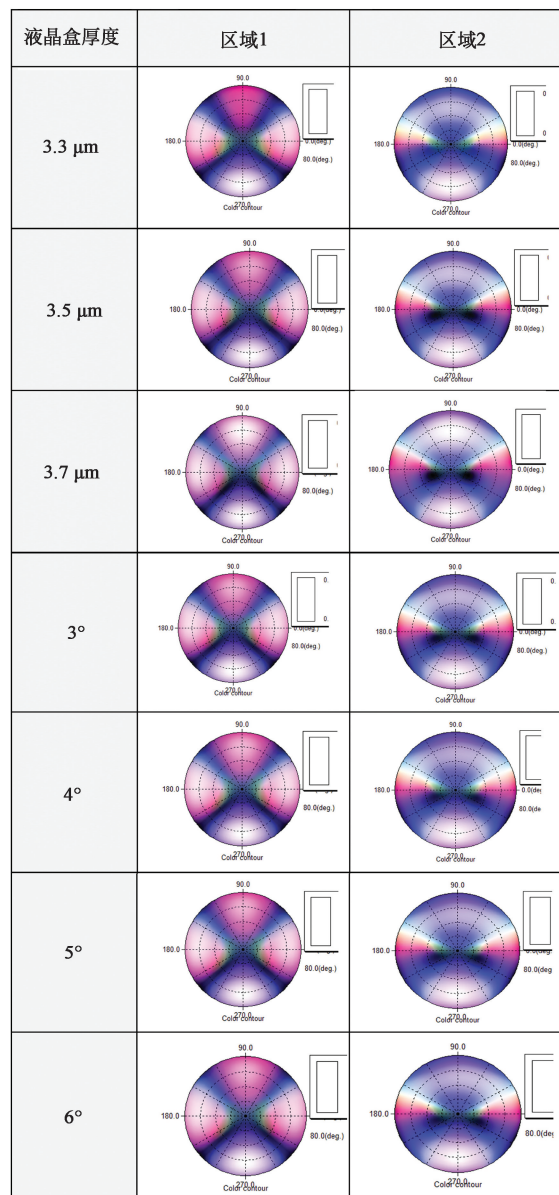


图 12 不同液晶盒厚、预倾角对色不均影响

Fig.12 Effect of different cell gap and pretilt angle on color unevenness



图 13 不同液晶盒厚对色不均影响

Fig.13 Effect of different panel cell gap on color unevenness

4 结 论

TN 曲面显示器搭配 WV 偏光片使用时,易出现暗态色不均现象,推测该色不均现象发生原理为曲面状态下显示器所受外部应力,导致内部应力不均一,加之液晶双折射作用,从而导致左右视角看到的颜色不一致。

本文模拟了不同改善措施对色不均现象影响,同时对有改善的模拟结果进行了实验测试。第一种是增加暗态亮度,掩盖暗态时色不均现象,如电路调整增加暗态亮度、调整偏光片吸收轴角度增加暗态亮度等,实验结果表明将显示器暗态亮度由 0.188 cd/m^2 提升至 0.25 cd/m^2 ,显示器色不均面积由 30% 减小至 10%,调整电路会使响

应时间增加至原来的 2.5 倍;吸收轴角度减小 1.0° ,色不均现象消失,但对比度下降 60%,吸收轴角度减小 0.5° 时,色不均面积减小 10%,对比度下降 20%。第二种是改善曲面状态下显示屏内部应力均一性,如增加液晶盒盒厚、降低显示器玻璃基板厚度等。实验表明:液晶盒厚增加 $0.2 \mu\text{m}$,色不均现象有轻微改善,色不均不良面积由显示器面积的 30% 减小至 20%,高温 60°C 老化 72 h、显示器玻璃基板厚度降低至 0.2 mm 均能使显示器色不均现象消失,高温老化增加高温老化设备投资,减薄玻璃基板会增加一道减薄工序,增加成本。本文通过对 812.8 cm (32 in) TN COA 曲面显示器色不均现象改善的模拟以及实验测试,为后续 TN 产品搭配宽视角补偿膜色不均不良改善提供了参考依据。

参 考 文 献:

- [1] 罗丽平, 负向南, 金基用. TFT-LCD 生产及发展概况[J]. 现代显示, 2012, 23(3): 31-38.
LUO L P, YUN X N, KIM K Y. The manufacturing and developing of the TFT-LCD [J]. *Advanced Display*, 2012, 23(3): 31-38. (in Chinese)
- [2] ANNISC, SEMENZA P. 通过改进 TFT-LCD 生产工艺提高光透过率降低生产成本和能耗[J]. 尹春健, 译. 现代显示, 2011, 22(Z1): 5-9.
ANNISC, SEMENZA P. Better transmission: TFT-LCD manufacturing advances reduce cost and energy consumption [J]. YIN C J, trans. *Advanced Display*, 2011, 22(Z1): 5-9. (in Chinese)
- [3] 王信阳. 全球 LCD 市场与产业发展趋势[J]. 国际光电与显示, 2003(11): 17-22.
WANG X Y. The global LCD market and industry development trend [J]. *International Optoelectronics and Displays*, 2003(1): 17-22. (in Chinese)
- [4] 宣丽. 液晶[J]. 科学(上海), 2003, 55(6): 63-65.
XUAN L. The liquid crystal [J]. *The Science (Shanghai)*, 2003, 55(6): 63-65. (in Chinese)
- [5] 牟强. 液晶电视的广视角技术[J]. 液晶与显示, 2005, 20(1): 67-71.
MOU Q. Wide visual angle technology of TFT-LCDTV [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2005, 20(1): 67-71. (in Chinese)
- [6] 王新久. 液晶光学和液晶显示[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 319-332.
WANG X J. *The Optical and Display of Liquid Crystals* [M]. Beijing: Science Press, 2006: 319-332. (in Chinese)
- [7] 陈伯伦. 广视角补偿原理及广视角技术的最新产品应用[J]. 国际光电与显示, 2003(12): 93-98.
CHEN B L. Wide-viewing angle compensation principle and technology apply to new products [J]. *International Optoelectronic and Display*, 2003(12): 93-98. (in Chinese)
- [8] 王莉, 宋立旺. LCD 宽视角技术及 WV 膜盘状液晶的取向控制技术[J]. 信息记录材料, 2008, 9(2): 44-51, 60.
WANG L, SONG L W. Wide-viewing angle technologies for LCD and orientation control of discotic liquid crystal for WV film [J]. *Information Recording Materials*, 2008, 9(2): 44-51, 60. (in Chinese)
- [9] 凌志华. 液晶显示器的宽视角技术[J]. 电子产品世界, 2000(6): 53, 75.
LIN Z H. The wide view angle technique of LCD [J]. *Electronic Engineering & Product World*, 2000(6): 53, 75. (in Chinese)

- [10] 费民权,费悦.TFT-LCD 的宽视角技术[J].现代显示,2008(11):22-26.
FEI M Q, FEI Y.The wide view-angle technique of TFT-LCD [J]. *Advanced Display*, 2008(11): 22-26. (in Chinese)
- [11] 张巨松.无机非金属材料工艺学[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2010:201-234.
ZHANG J S.*Inorganic Nonmetallic Materials Technology* [M]. Harbin: Harbin Institute of Technology Press, 2010: 201-234. (in Chinese)

作者简介:



辛 兰(1988—),女,四川广安人,硕士,2014 年于吉林大学获取得硕士学位,主要从液晶显示器盒内设计方面的工作。E-mail:xinlan@boe.com.cn